

University of Groningen

Processing of moving images in natural and artificial visual systems

Schuling, Franklin Harold

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1988

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Schuling, F. H. (1988). *Processing of moving images in natural and artificial visual systems*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

De verwerking van bewegende beelden in natuurlijke en artificiële visuele systemen

Het samengestelde oog van de blauwe vleesvlieg *Calliphora erythrocephala* (Mg.) is bij uitstek geschikt om principes en strategieën, die aan de detektie en verdere neurale verwerking van visuele informatie ten grondslag liggen, te bestuderen. Na een algemeen inleidend hoofdstuk (1), wordt in hoofdstuk 2 van dit proefschrift ingegaan op ruimtelijke en temporele eigenschappen, van belang voor de detektie van optische informatie. Het oog van insecten verschilt in zijn opbouw met dat van de mens. Er is bij insecten niet sprake van één (grote) lens, maar van een verzameling kleine lenzen, die ieder voor zich een achttal fotoreceptoren van licht voorzien. Deze groepjes van lenzen met bijbehorende fotoreceptoren zijn regelmatig verdeeld over verschillende kijkrichtingen. Mede vanwege de retinotopie structuur van het daaronder liggende neurale netwerk (hetgeen wil zeggen dat de oorspronkelijke hexagonale mozaïek structuur, aanwezig in de ordening van de zintuigcellen, kolomsgewijs wordt doorgezet tot op het hoogste orde ganglion) is het zinvol de elektrische activiteit te meten van een bewegingsgevoelige zenuwcel, in ons geval het H1-neuron. Dit neuron is selektief gevoelig voor beweging in horizontale richting: wanneer een voorwerp in het visuele veld van de vlieg van opzij naar voren beweegt, neemt het aantal gegenereerde actiepotentialen aanzienlijk toe. Omgekeerd zal bij beweging in de tegenovergestelde richting suppressie van de activiteit plaats vinden. Er bevinden zich in dit systeem vergelijkbare neuronen, die gevoelig zijn voor beweging in andere richtingen. Na een inleiding over dit visuele systeem wordt een gecomputeriseerde methode beschreven om de hexagonale regelmaat, weerspiegeld in de mozaïek structuur van zowel het samengesteld oog met de lensjes, als die van het verre veld (zichtbaar te maken m.b.v. belichting van achteren uit, waardoor de neurale superpositie van 7 verschillende kijkrichtingen benadrukt wordt) in kaart te brengen.

Vervolgens wordt een verfijnde optische afbeeldings- en microstimulatie-techniek besproken, waarmee het mogelijk is de bijdragen van afzonderlijke combinaties van visuele ingangselementen van het H1-neuron tot de totale reactie van dit neuron, te bestuderen. Dergelijke combinaties van twee ingangskanalen met één uitgang vormen de zogenaamde *elementaire bewegings detektoren* (EMD's). In onze experimenten worden beide ingangen van een EMD kort na elkaar geactiveerd met lichtpulsjes, zodat a.h.w. een *schijnbare* beweging aan deze elementaire eenheid wordt aangeboden. Hoofdthema bij dit onderzoek is hoe deze elementaire detektoren gerelateerd zijn aan het ommatidiale rooster en hoe hun uitgangssignalen combineren tot de uiteindelijke reactie op een bepaalde stimulus. Uit de beschreven experimenten kan geconcludeerd worden dat in het donker geadapteerde oog EMD's met onderlinge afstanden tussen de twee ingangen kleiner dan ca. $8-10^\circ$ de meest significante bijdrage leveren tot de totale

reactie van het H1-neuron. In het geval dat het totale licht niveau omhoog gaat, blijkt het accent te verschuiven naar kortere onderlinge afstanden. Verder worden experimenten gepresenteerd die aangeven dat de responsies op twee verschillende bewegingen elkaar in niet-lineaire mate beïnvloeden indien EMD's worden aangeslagen die binnen korte hoekafstand van elkaar verwijderd liggen. De resultaten blijken geïnterpreteerd te kunnen worden in termen van een enigszins gewijzigd *pooling correlator model* van Reichardt en Poggio.

Min of meer onverwacht werd voor de reacties van het H1-neuron een circadiaanse rythmiciteit aangetoond: de gevoeligheid van het neuron blijkt over een etmaal aanzienlijk te variëren. In afwezigheid van enige externe synchronisatie werd een karakteristieke periode van circa 24 uur gevonden.

Het tweede deel van dit proefschrift gaat dieper in op de toepasbaarheid van een aantal principes en strategieën, ontleend aan de werking van natuurlijke visuele systemen in het algemeen en die van de vlieg in het bijzonder, als het op implementatie in elektronische informatie verwerkende systemen aankomt. In het verbindende hoofdstuk 3 wordt daartoe een aantal modelvoorstellingen geïntroduceerd, die, deels parallel, deels serieel, onontbeerlijk geacht worden voor zeer delicate visuele taken als b.v. de discriminatie van beweging t.o.v. een (stilstaande) achtergrond. Een van de belangrijkste strategieën, behandeld in dat hoofdstuk, is het zogenaamde *stapel model* dat, gebruik makend van de inhomogene verdeling van fotoreceptoren in het visuele systeem van zowel de mens als de vlieg, het visuele apparaat in staat stelt zijn omgeving in verschillende maten van gedetailleerdheid te bemonsteren, zodat tegelijkertijd *focale* en *globale* representaties van die buitenwereld aanwezig zijn voor verdere neurale verwerking. Verder wordt in hoofdstuk 3 een uitgebreid overzicht gegeven van een aantal belangrijke modellen voor de detectie van beweging. Geconcludeerd kan worden dat tot op heden onvoldoende informatie aanwezig is om eenduidig te kiezen tussen het zogenaamde *correlator model* van Reichardt en het *gradient schema*, geïntroduceerd door Marr. Voor het visuele systeem van de blauwe vleesvlieg lijkt het correlatie principe de meest aangewezen methode voor bewegingsdetectie. Een dergelijk model werkt snel en efficiënt, maar de ambiguïteiten, veroorzaakt door o.a. het apertuur probleem, staan een eenduidige reconstructie van het totale snelheids veld in de weg. Combinatie van het correlator model met een op gradient informatie (i.e. een maat voor intensiteits verschillen over de retina) gebaseerde aanpak, is m.n. voor het menselijke visuele systeem al aannemelijk gemaakt door verscheidene onderzoekers. In de afsluiting van hoofdstuk 3 wordt dan ook de aanzet tot een bewegingsdetectie model gegeven, gebaseerd op het vergelijken (correleren) van van deze gradient informatie afgeleide *features*.

Na een korte inleiding, wordt in de tweede paragraaf van hoofdstuk 4 deze oplossing verder uitgewerkt in de vorm van een recurrente patroonherkennings strategie met behulp waarvan het *correspondentie probleem* omzeild kan worden. D.m.v. een multi-dimensionale beschrijving van gedetecteerde en gegroepeerde

contrastovergangen, kunnen voor een grote variëteit aan bewegende objecten, de bijbehorende verplaatsings vectoren één-éénduidig berekend worden. Een aantal voorbeelden, betreffende zowel natuurlijke als gesynthetiseerde situaties, illustreert de kwaliteiten van het model. De derde paragraaf in hoofdstuk 4 is geheel gewijd aan het probleem dat t.g.v. de beweging van een object en de traagheid van de fotoreceptoren de representatie van dat voorwerp op het netvlies wordt versmeerd. I.h.a. zullen contrast overgangen door deze versmering afvlakken en zal de vorm van een dergelijk object aanzienlijk slechter gedefinieerd zijn dan in een statische situatie. Experimenteel werk bij de blauwe vleesvlieg heeft uitgewezen dat naarmate de snelheid van een bewegend patroon toeneemt, de tijdsconstante van de impuls response van het richtingsgevoelige H1-neuron, waaraan gemeten is, ongeveer omgekeerd evenredig afneemt. Dit houdt in dat dit systeem in staat moet zijn om de beweging van het voorwerp te registreren en vervolgens de representatie op een hoger neurale niveau te corrigeren voor de versmering. De hier voorgestelde oplossing bestaat uit een gelaagd retinotop netwerk, als in de vlieg, dat op adaptieve wijze eerst een representatie van het bewegende voorwerp opbouwt, die maximaal versmeerd is, en dus in feite snelheids onafhankelijk is, waarna middels een eenvoudig spatieel differentiërend netwerk een vrijwel origineel, niet-versmeerd beeld van het object wordt gegenereerd.

28/7/88